

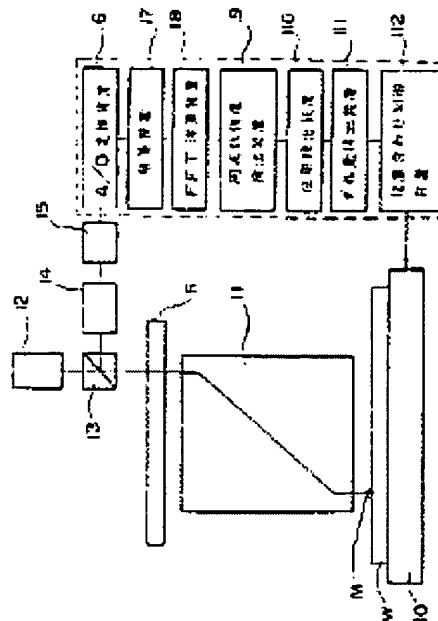
ALIGNING METHOD

Patent number: JP3282715
Publication date: 1991-12-12
Inventor: TAKAKURA SHIN; others: 04
Applicant: CANON INC
Classification:
 - international: G05D3/12; H01L21/027
 - european:
Application number: JP19900081043 19900330
Priority number(s):

Abstract of JP3282715

PURPOSE:To find the position of a pattern without depending on a sampling pitch by converting a one-dimensional signal obtained by estimating a video signal obtained by image-picking up the pattern having periodicity with an image pickup means in one direction to a spatial frequency area, and finding the strength and the phase of a spatial frequency from the pattern.

CONSTITUTION:A projection optical system 11, a detection system 14, an image pickup device 15, an A/D converter 16, an estimation device 17, and an FFT arithmetic unit 18 are provided. Then, the pattern to be detected is formed so as to attach the periodicity, and a one-dimensional discrete electrical signal string by estimation in a direction intersecting orthogonally to a direction desired to detect the position of the pattern is converted to the spatial frequency area by applying known orthogonal transformation, and the strength and the phase of a spatial frequency component appearing properly in the pattern desired to detect are detected. In such a manner, it is possible to detect the position of the pattern without being affected by a noise.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

Family list

2 family member for:

JP3282715

Derived from 1 application.

[Back to JP3282715](#)

1 ALIGNING METHOD

Publication info: **JP2867065B2 B2** - 1999-03-08

JP3282715 A - 1991-12-12

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑫ 公開特許公報(A)

平3-282715

⑤ Int. Cl.⁵G 05 D 3/12
H 01 L 21/027

識別記号

L

庁内整理番号

7623-3H

⑬ 公開 平成3年(1991)12月12日

2104-4M H 01 L 21/30 3 1 1 M

審査請求 未請求 請求項の数 6 (全8頁)

⑭ 発明の名称 位置合わせ方法

⑯ 特 願 平2-81043

⑰ 出 願 平2(1990)3月30日

⑱ 発 明 者 高 倉 伸 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内

⑲ 発 明 者 村 木 真 人 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内

⑳ 発 明 者 松 谷 茂 樹 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内

㉑ 発 明 者 佐 藤 眞 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内

㉒ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号

㉓ 代 理 人 弁理士 伊 東 哲 也 外1名

最終頁に続く

明 細 書

1. 発明の名称

位置合わせ方法

2. 特許請求の範囲

(1) 撮像手段により第一の物体上に形成されたパターンを撮像して得た映像信号に対して所定の大きさの2次元のウィンドウを設定し、上記ウィンドウ内で映像信号を2次元座標の一つの方向に関して積算し1次元投影積算信号を得、該積算信号を直交変換により空間周波数領域に変換し、該空間周波数領域上で上記パターンの中心位置を検出し位置合わせを行ったことを特徴とする位置合わせ方法。

(2) 上記パターンをパターンの位置を検出しようとする方向に対し周期性を有するように形成し、該積算信号のフーリエ変換による空間周波数領域への変換により、空間周波数領域において該積算信号の周期性評価処理を行い、パターンの中心位置を検出したことを特徴とする特許請求の範

図第1項記載の位置合わせ方法。

(3) 該積算信号に上記パターンより固有に現れる空間周波数成分を、選択的に評価しパターン位置を検出し位置合わせを行ったことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載のパターン位置合わせ方法。

(4) 該積算信号のフーリエ変換による空間周波数領域への変換により、検出手段により上記パターンの周期性からパターンに固有に現れる空間周波数近傍での周波数強度分布の最大値を検出し、該最大値近傍での各周波数成分の位相と強度を用いて、重み付き平均処理を行い上記パターンの中心位置を検出したことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載のパターン位置合わせ方法。

(5) 該積算信号のフーリエ変換による空間周波数領域への変換により、検出手段により上記パターンの周期性からパターンに固有に現れる空間周波数成分近傍での周波数強度分布の最大値を検出し、上記パターンの撮像倍率の補正を行ったことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載のパタ

ーン位置合わせ方法。

(6) 離散フーリエ変換を用いて、上記パターンの周期性からパターンに固有に現れる空間周波数成分を求める際に、該空間周波数成分を最も正確に求め得るように、該積算信号のサンプル点数を決定したことを特徴とする特許請求の範囲第2項記載のパターン位置合わせ方法。

3. 発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明はパターン位置合わせ方法、例えば半導体ICやLSIを製造するための露光装置において、ウエハとマスクの相対位置を検出し位置を制御するための位置合わせ方法に関する。

〔従来技術〕

半導体ICやLSIは、最近ますます集積度が高まり素子の微細パターンの寸法はサブミクロンのオーダーになっている。

従来の露光装置の位置合わせとして、例えば、特開昭62-232504号公報に開示されたパターンマッチング検出法がある。

3

信号51について前記仮中心の近傍でパターンマッチングによって算出した相関値に対し補間手段を使用し分解能を高めた後、その最大値を示す位置 x_c を出力し、位置合わせ制御装置112によって、 x_c に基づいてウエハの位置を制御して位置合わせを行っている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、上記従来例では電気信号を処理するためのA/D変換により、信号は離散系列となり、検出されるマーク位置も離散値を取るため、目的の精度を達成するためには、何等かの補間手段をとる必要があり、その際の近似による誤差が検出誤差の要因となる。さらに、マークの像は上に塗られたレジストの塗布むらや、照明むら等のノイズの影響を受け歪むことがあり、S/Nの悪化により検出精度を低下させる要因となる。

本発明は上記従来技術の欠点を鑑みなされたものであって、ノイズに影響されず高精度の位置検出が可能な位置合わせ方法の提供を目的とする。

〔課題を解決するための手段および作用〕

第4図は2次元パターンマッチング検出法を利用した装置の概略図である。同図において照明光は投影光学系12によりウエハパターンMを照明し、反射光は撮像装置15に結像する。第5図は撮像装置によって得られた2次元電気信号を説明する図である。第5図(a)においてウエハパターンはM'である。上記2次元電気信号を、A/D変換装置16により画素のXYアドレスに対応した2次元離散デジタル信号列に変換した後、2値化装置41によって2値化し、マッチング装置42によって2値画像に対して装置内に予め記憶されたテンプレートとのパターンの相関をとる2次元パターンマッチングを行い相関度の最も高い位置を、1、2画素程度の精度で検出し、これを仮中心としている。一方、多値画像を積算装置17によって所定の大きさの2次元のウィンドウ21内でパターンに直角な方向に画素積算し、第5図(b)に示すような1次元離散電気信号51を得る。次に必要な精度を達成するために位置検出装置43によって、上記1次元離散電気

4

本発明によれば、検出するパターンを周期性があるように形成し、上記パターンを撮像して得られた2次元離散信号列の、パターンの位置を検出しようとする方向に直交する方向への積算による1次元離散電気信号列に対し公知の直交変換(例えば、離散フーリエ変換)を施し空間周波数領域に変換し、空間周波数領域で、検出しようとするパターンに固有に現れる空間周波数成分の強度と位相を検出することによりパターンの位置を検出し位置合わせを行ったものである。

〔実施例〕

第1図は、本発明による位置検出機構をウエハ位置合わせ装置に適用した場合の装置全体の構成を示す。第1図において、Wは半導体ウエハであり、この表面に、位置検出用のパターンMが形成されている。10は、ウエハWをx、yおよびzの方向に移動させるためのx、yステージであり、11は、レチクルR面上の回路パターンをウエハW上に投影するための投影光学系である。12は照明系であり、ここから射出された光は、

6

ハーフミラー13、投影光学系11を通り、パターンMを照明する。パターンMからの反射光は、投影光学系11を通り、ハーフミラー13により、検出光学系14に導かれる。検出光学系14は、パターンMの像を所定の倍率で撮像装置15の撮像面上に結像させる。本装置では、予め適当な検出手段により、投影光学系11、検出光学系14および撮像装置15に対するレチクルRの相対位置が求められている。そこで、レチクルRに対するウエハWの相対位置を求めるには、撮像装置15の撮像面上におけるパターンMの位置を検出すればよい。撮像装置15は、例えばITV、2次元イメージセンサ等の光電変換装置であり、撮像した像を2次元の電気信号に変換する。

第2図(a)は、x方向の位置検出をする場合の撮像装置15に結像した位置検出マークMを含むウエハ領域の像を示す。Fは撮像装置15の有効視野であり、Mは位置検出パターンM'の像の一例である。第2図(a)のx方向の位置検出を行うとき、パターンM'は同一形状の矩形パターンを

x方向に等間隔 λ_p で複数個配列したものとなっている。

撮像装置15によって2次元の電気信号に変換されたパターン像は、第1図のA/D変換装置16によって、撮像面のxy方向のアドレスに対応した2次元離散電気信号列に変換される。この離散信号のサンプリング間隔 λ_s は、投影光学系11と検出光学系14の光学倍率、および撮像面の画素間隔で定められる。第1図の17は積算装置であり、第2図の21に示すパターンM'を含む2次元ウィンドウ21を設定し、このウィンドウ内で第2図y方向に画素積算を行い、第2図(b)に示すx方向の1次元離散信号列S(x)を出力する。第2図(b)では、見やすくするため、この離散信号列S(x)の各点間を直線で結んでいる。

第1図の18はFFT演算装置であり、入力した信号列S(x)を離散フーリエ変換によって空間周波数領域の信号に変換し、フーリエ係数を高速に演算するものである。その手法は、公知の、

7

(例えば科学技術出版社「高速フーリエ変換」、E. ORAN BRIGHAM著、第10章高速フーリエ変換)N点($N=2^r$)の高速フーリエ変換(以下FFTと呼ぶ)によるものであり、サンプリング周波数f_sを1に正規化したときに空間周波数 $f(k) \equiv k/N$ の複素フーリエ係数X(k)は、

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} S(x) e^{-j \cdot 2\pi (k/N)n} \quad \dots \dots ①$$

(ただしjは虚数単位)

となる。またこのとき、空間周波数 $f(k)$ の強度E(k)、位相 $\theta(k)$ はそれぞれ、

$$E(k) = \{ \{ \operatorname{Re}(X(k)) \}^2 + \{ \operatorname{Im}(X(k)) \}^2 \}^{1/2} \quad \dots \dots ②$$

$$\theta(k) = \tan^{-1} \{ \operatorname{Im}(X(k)) / \operatorname{Re}(X(k)) \} \quad \dots \dots ③$$

(ただし $\operatorname{Re}(X(k))$ 、 $\operatorname{Im}(X(k))$ は各々、複素数X(k)の実部、虚部を表わす)

と表わすことができる。第3図(a)は、予め適当な検出手段により粗く求められたパターンM'の中心近傍 X_s を基準点としてパターン全体を含むように、FFTを施した際の空間周波数強度E

8

(k)の分布を表している。パターンの周期性によって、該パターンの1次元離散信号S(x)に出現するパターンの設計値から求め得るパターン固有の空間周波数とその高調波 $f(hi)$ (ただし $hi \equiv i \cdot (\lambda_s / \lambda_p) \cdot N$ ($i=1, 2, \dots$))では、信号強度が大となり、第3図(a)のグラフ上でピークを生じる。

第1図の19は、周波数強度検出装置であり、式④によって、パターン固有の空間周波数 $f(hi)$ ($i=1, 2, 3, \dots$)の近傍 α の範囲において、ピーク位置 Pi とピーク周波数 $f(Pi)$ の検出を行っている。

$$Pi = \{ K | \max(E(k), f(hi) \cdot N - \alpha < K < f(hi) \cdot N + \alpha, \\ K = 0, 1, 2, \dots, N-1 \} \quad \dots \dots ④$$

ここで、 α は、正の整数で、パターンのピッチ変動に対して Pi が有意になるように決める。一方、 α の範囲であれば何等かの原因で、光学倍率変動した場合でも、このピークを示す周波数 $f(Pi)$ を検出することで、パターン固有の周波数から光学倍率の変動を補正することが可能となっ

ている。ピーク検出に際しては、必要に応じて空間周波数領域で補間手段（例えば最小二乗近似、重み付き平均処理等）を用いて周波数分解能を高めてもよい。

第1図の110は位相検出装置であり、空間周波数強度のピーク $f(P_i)$ とその近傍の周波数成分が持つ基準点 X_s に関する位相を、式③にしたがって検出する。第1図の111は、ずれ量検出装置であり、位相から式⑤

$$\Delta x = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{N}{K} \cdot \lambda_s \cdot \theta_k \quad \dots \dots \textcircled{5}$$

により実空間でのずれ量 Δx を算出する。第3図(b)は、全空間周波数領域に対してずれ量 Δx をプロットしたものである。一般に、第3図(b)に示す如く、マーク固有周波数近傍でのずれ量 Δx は、各々の高調波成分に渡って一定の安定した値を示すため算出した各々の Δx に対して、周波数強度による重み付け平均処理を行い、パターン中心の基準点 X_s からのずれ量 Δc を重み付き平均処理（式⑥）にしたがって検出してい

る。

$$\Delta c = \left\{ \frac{\sum_{l=1}^L \sum_{f(P_i)} \left\{ \frac{E_k}{N} \cdot \frac{\Delta k}{\alpha < k < f(P_i) \cdot N + \alpha} \right\} \cdot N + \alpha} \right\} / \left\{ \frac{\sum_{l=1}^L \sum_{f(P_i)} \frac{E_k}{N} \cdot \frac{\Delta k}{\alpha < k < f(P_i) \cdot N + \alpha} \right\} \quad \dots \dots \textcircled{6}$$

式⑥において、 L は必要とされる高調波の次数に選べばよい。第3図(c)は、この重み付き平均処理の結果を表わす図である。

Δc を求める際に重み付き平均処理の代りに、式④で求めた P_i 近傍で補間手段を用いて求めたピーク位置を P_c とし、式⑦で示すようにずれ量 $\Delta[P_c]$ 、 $\Delta[P_c + 1]$ により、ずれ量を1次近似し、近似直線上において、 P_c に対応するずれ量を Δc としてもよい。

$$\Delta c = \frac{(P_c - [P_c + 1]) \cdot \Delta[P_c] + ([P_c] - P_c) \cdot \Delta[P_c + 1]}{[P_c] - [P_c + 1]} \quad \dots \dots \textcircled{7}$$

（ただし、 $[\]$ はガウスの記号とする）

前記第一の実施例は、フーリエ係数の演算にFFTを用いたが、以下の第二の実施例では、パタ

1 1

ーン固有の空間周波数は大きく変動しないことを利用して、必要とする周波数成分のフーリエ係数を式①より直接計算している。フーリエ係数の直接計算によって、FFTがサンプル点数 $N = 2^r$ ($r = 1, 2, \dots$) の制限を持つのにに対し、 N を自由に設定することが可能となり、離散フーリエ変換による周波数成分は K/N ($K = 0, 1, 2, \dots, N-1$) で表わされることを考慮して、 K/N と求めようとする周波数成分の誤差を最も小さくするようにサンプリング点数 N を選定することにより、パターン固有の空間周波数をより正確に求めることが可能となっている。パターンのピッチ変動が比較的大きい場合でも、検出された周波数強度のピークを示す周波数に従って再び N を最適に設定しフーリエ演算を施すことにより高精度の位置検出が可能となっている。

また、計算する周波数成分を限定することにより、計算量の減少が可能となっている。フーリエ係数の計算を行った後に、第一の実施例と同様に、パターンのずれ量 Δc を検出している。

1 2

〔発明の効果〕

以上述べたとおり、本発明は撮像手段により周期性を有するパターンを撮像して得た映像信号の一方方向への積算により得られる1次元信号を空間周波数領域に変換し、その領域でのパターンから生ずる空間周波数の強度と位相を求めることにより、サンプリングピッチに依存することなくパターンの位置を求めることが可能となり、また有効な周波数を選択的に採用することにより、不要なノイズ成分を除去することができ、それにより高精度の位置検出を可能としたものである。容易に判るように本発明は、何等かの手段によって得られた、予め周期性が生ずると期待され得る離散信号列に対して、その空間的位置を求めるに際しても応用できることはいうまでもない。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明実施例の要部概略図、

第2図(a)は撮像装置に撮像したウエハW面上の説明図、第2図(b)はパターンの積算データの説明図、

第3図は本発明実施例に係わる空間周波数領域の説明図であり、第3図(a)はピークまわりの周波数強度、第3図(b)はずれ量の説明図、第3図(c)は重み付き統計処理の説明図、

第4図は従来の技術の例の要部概略図、

第5図(a)は従来の技術に係わるパターンの説明図、第5図(b)は従来技術に係わるパターンの積算データの説明図である。

W : ウエハ、

M : パターン、

R : レチクル、

F : 撮像された像、

M' : 撮像されたパターン、

10 : ウエハステージ、

11 : 投影光学系、

12 : 照明系、

13 : ハーフミラー、

14 : 検出光学系、

15 : 撮像装置、

16 : A/D変換装置、

17 : 積算装置、

18 : FFT演算装置、

19 : 対称度評価演算および最大値検出装置、

110 : 位置合わせ制御装置、

111 : ずれ量検出装置、

112 : 位置合わせ制御装置、

21 : ウィンドウ、

41 : 2値化装置、

42 : マッチング装置、

43 : 位置検出装置。

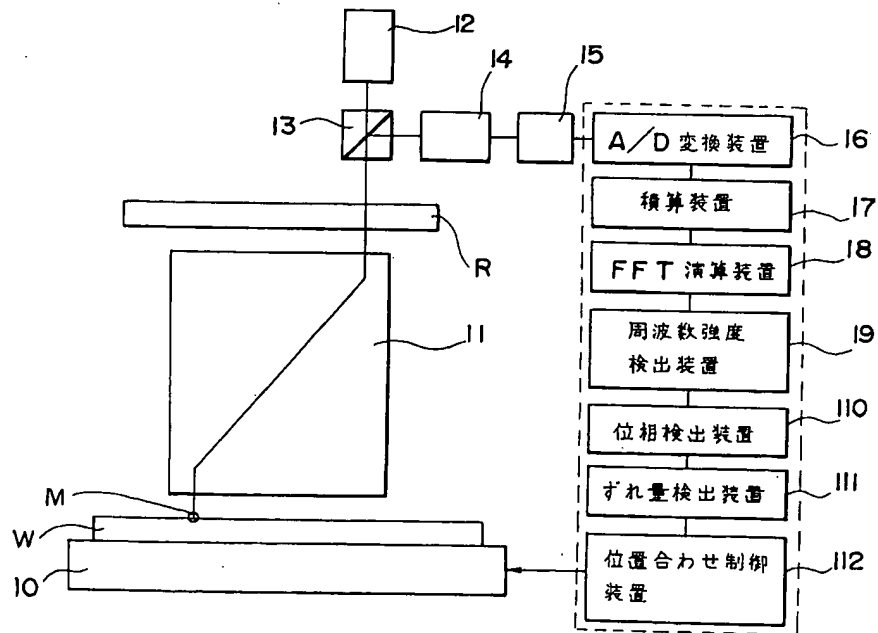
特許出願人 キヤノン株式会社

代理人 弁理士 伊 東 哲 也

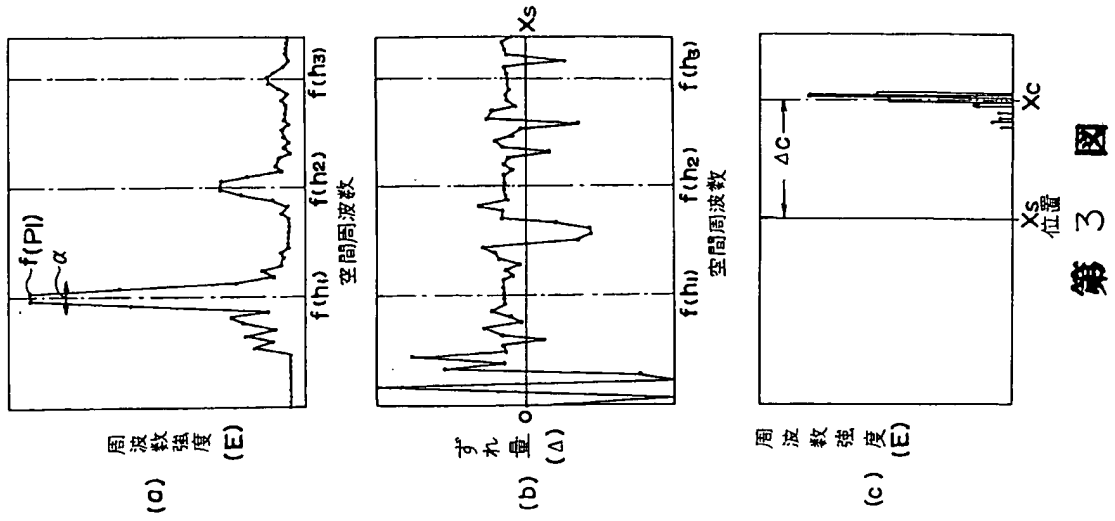
代理人 弁理士 伊 東 辰 雄

15

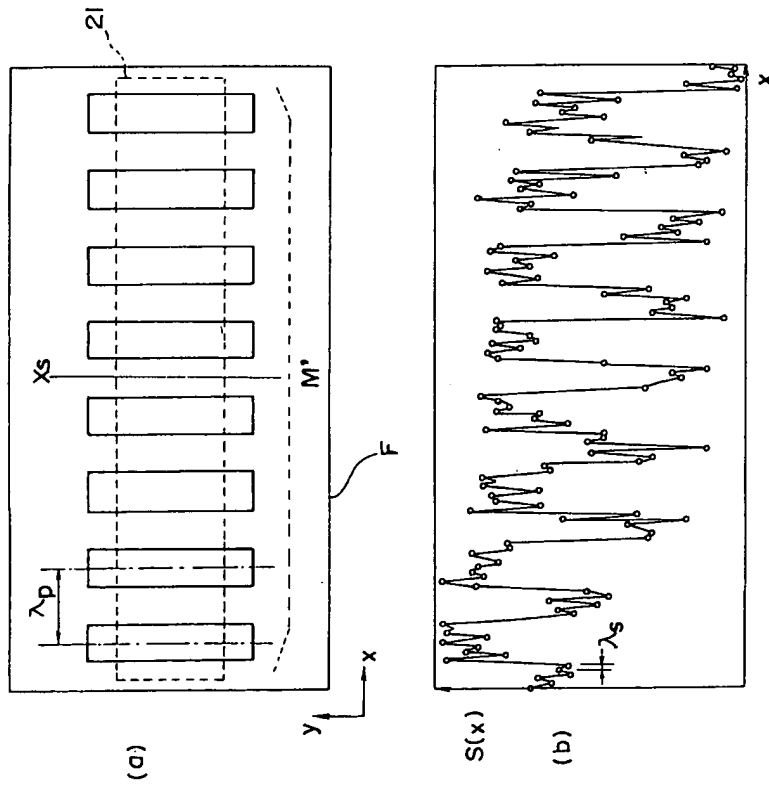
16



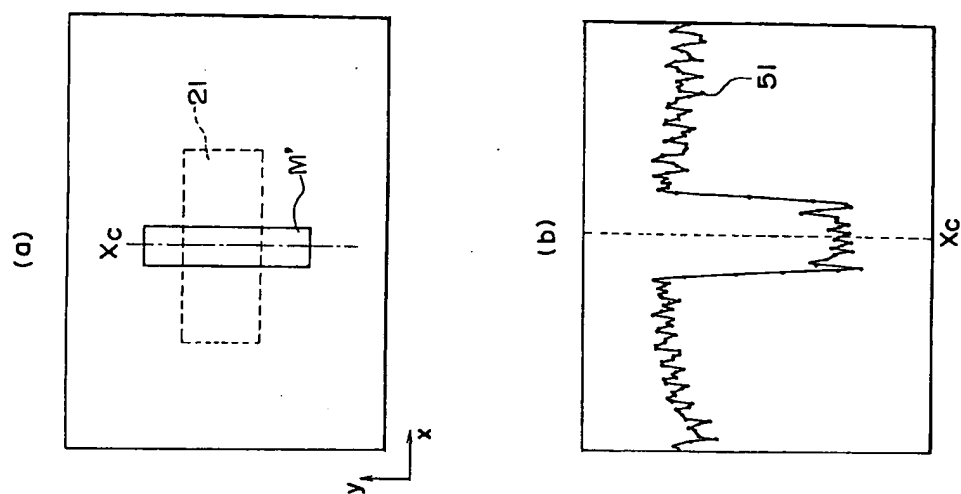
第 1 図



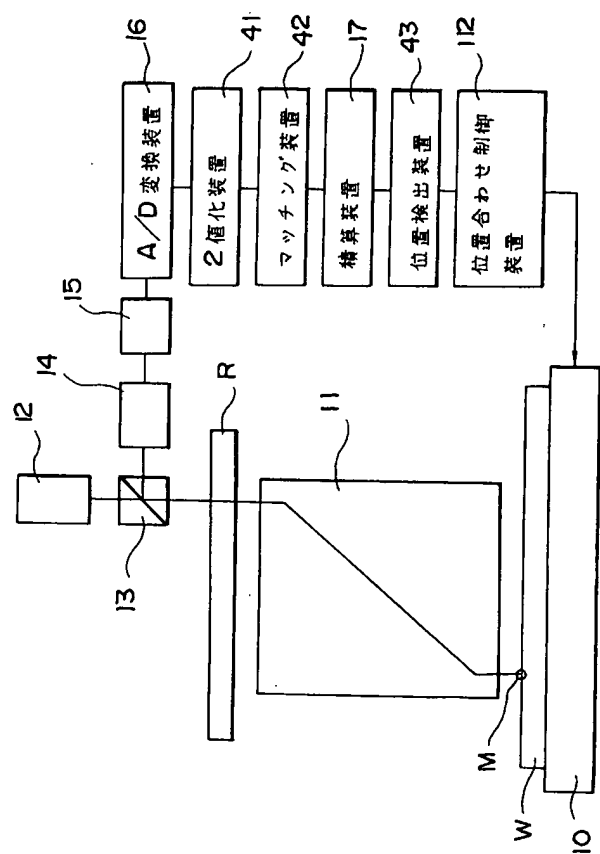
第 3 図



第 2 図



第五



區
△
標

第1頁の続き

⑦発 明 者 鶴 澤 繁 行 神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社
小杉事業所内